

Market – Leveraged Stock Units VS. Employee Stock Options

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Análise Financeira

Orientador de Mestrado: Doutor José Carlos Dias

Mestrando: Marta Isabel Santos Cardoso

Outubro de 2016



Agradecimentos

Dedico este espaço àqueles que deram o seu contributo para que esta dissertação fosse realizada.

Começo por agradecer ao ISCAC que enquanto instituição proporcionou os alicerces necessários e fundamentais para a realização desta dissertação.

À Coordenadora do Mestrado em Análise Financeira, Professora Doutora Elisabete Neves, agradeço a oportunidade e o privilégio que tive em frequentar este Mestrado que muito contribuiu para o enriquecimento da minha formação académica.

Ao meu Orientador, Professor Doutor José Carlos Dias, pela sua orientação, total apoio, disponibilidade demonstrada, bem como pelas críticas, correções e sugestões que estimularam o meu interesse pelo conhecimento, investigação, e pela dedicação, e desafios que me foi colocando ao longo deste trabalho.

Aos Meus Amigos, pelos intermináveis desabafos e pela partilha dos bons (e menos bons) momentos. E pela amizade, companhia e afeto. Muito Obrigada.

Às Minhas Colegas e Amigas de Casa, Ana Rita Cardoso e Isabel Oliveira pela ajuda, pela amizade e por tudo. Muito Obrigada.

Ao Tiago, um agradecimento especial pelo apoio e carinho diários, pelas palavras doces e pela transmissão de confiança e de força, em todos os momentos. Por tudo, a minha enorme gratidão!

À Minha Família, em especial aos Meus Pais, um enorme obrigada por acreditarem sempre em mim e naquilo que faço e por todos os ensinamentos de vida. Espero que esta etapa, que agora termino, possa, de alguma forma, retribuir e compensar todo o carinho, apoio e dedicação que, constantemente, me oferecem. A eles, dedico este trabalho!

A todas as outras pessoas que de forma direta ou indireta me apoiaram e deram o seu contributo, o meu agradecimento especial.



“O salário não é unicamente o preço do trabalho, mas é fundamentalmente o resultado da intencionalidade das organizações, transformando-se assim em regra. As empresas não atribuem um salário único. A diversidade da taxa de salário e o lugar atribuído à remuneração no conjunto das estratégias empresariais deixam claro que as políticas salariais são hoje uma “alavanca” para atrair os trabalhadores e incitá-los a envolver-se nos objetivos da empresa.”

(Suleman, 2003)



Abstract

The present thesis focuses on the study of two executive compensation practices, the employer stock options and market-leveraged stock units, consisting of the evaluation of these options.

Since one of the main features of business today is the fact that in most of them their greatest strength is its human capital, which means that these companies have to adopt increasingly compensation practices of its employees by distributing company's shares. Since the large companies shareholders are not administrators which leads to this is a way to resolve potential conflicts between them. However, companies over the years have been to extend the range of compensation to all employees, serving as an incentive to good results.

To make the assessment of the employer stock options used the Black-Scholes model and the binomial model. While the evaluation of market-leveraged stock units is performed through the formulas proposed by Hull and White (2014).

Compared the valuation models and analyzed some variables such. Thus being able with different results studying the suitability of different valuation models in both compensation practices in the study.

Palavras-chave: Executive compensation, agency theory, market-leverage stocks units, employee stock options



Resumo

Esta tese foca-se no estudo de duas práticas de compensação de executivos, as employer stock options e as market-leveraged stock units, consistindo na avaliação destas opções.

Uma das principais características das empresas na atualidade é o fato de que na maioria delas o seu maior ponto forte é o capital humano, o que leva a que estas empresas tenham de adotar cada vez mais práticas de compensação dos seus empregados através da distribuição de ações da empresa. Nas grandes empresas os acionistas não são os administradores o que leva a esta seja uma forma de resolver potenciais conflitos entre ambos. No entanto, as empresas ao longo dos tempos têm vindo a alargar este leque de compensações a todos os seus empregados, servindo como um incentivo aos bons resultados.

Para efetuar a avaliação da employer stock options utilizou-se o modelo de Black-Scholes e o modelo binomial. Enquanto a avaliação das market-leveraged stock units é realizada através das fórmulas propostas por Hull e White (2014).

Comparou-se os modelos de avaliação e analisou-se algumas variáveis destes, podendo assim com os diversos resultados estudar a adequabilidade dos diferentes modelos de avaliação nas duas práticas de compensação em estudo.

Palavras-chave: Compensação de executivos, teoria da agência, market-leverage stocks units, employee stock options



Lista de Siglas

BSM – Modelo de Black-Scholes

CEO - Diretor Executivo ou Chief Executive Officer

ESO - Employee Stock Option

EUA – Estados Unidos da América

GBM - Geometric Brownian Motion

MSU – Market-leveraged stock unit

SO - Stock Options

RSU - Unidade de opções restritas



Índice

Agradecimentos.....	1
Abstract	3
Resumo	4
Lista de Siglas.....	5
Índice de Tabelas	8
Índice de Gráficos	8
Índice de Equações	8
1. Introdução	10
2. Revisão da Literatura	13
2.1. Employee Stock Options	13
2.2. Market-leveraged stock unit.....	23
3. Avaliação de Employee Stock Options	26
3.1. Processo de Wiener (Brownian Motion)	27
3.2. Geometric Brownian Motion (GBM).....	28
3.3. Modelo Black-Scholes-Merton	29
3.4. Modelo Binomial.....	30
4. Avaliação de Market-Leveraged Stock Units	34
4.1. Opções Asset-or-Nothing.....	34
4.2. Opções Asset-or-Nothing Power	36
4.3. MSUs	37
5. Aplicação Prática	41
5.1. - Employee Stock Options	41
5.1.1 - Dados.....	41



5.1.1.1.- Variáveis do Modelo BSM	41
5.1.1.2.- Variáveis Modelo Binomial	41
5.1.2. – Resultados	42
5.1.2.1.- Modelo BSM.....	42
5.1.2.1.1 - Diferente Volatilidade e Maturidade	42
5.1.2.1.2 - Diferente Volatilidade e Preço do Exercício	43
5.1.2.2.- Modelo Binomial	43
5.1.2.2.1 - Diferente Volatilidade e Maturidade	43
5.1.3. - Comparação do Modelo BSM e do Modelo Binomial	45
5.2. – Market-Leveraged Stock Units.....	46
5.2.1.- Dados	46
5.2.2. – Comparação entre uma opção e um MSU	46
5.2.3. – Resultados	47
5.2.3.1. - MSU com diferente M1 e M2	47
5.2.3.2. - MSU com diferente Volatilidade e Tempo para a Maturidade	48
5.2.3.2. - MSU com diferente M2 e α	49
6. Conclusão	50
Referências Bibliográficas.....	52
Anexos	55
Anexo 1 – Modelo Black-Scholes	55
Anexo 2 – Modelo Binomial.....	56
Anexo 3 Comparação entre put e call europeia:	57
Anexo 4 – Comparação entre MSU e option:	57
Anexo 5 - MSU: Diferentes M1 e M2:.....	57
Anexo 6 – MSU: Diferentes T e σ :.....	58



Anexo 7 – MSU: Diferentes M2 e α :	58
---	----

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Variáveis do Modelo BSM.....	41
Tabela 2 - Variáveis Modelo Binomial	41
Tabela 3- Opções Call Europeias	42
Tabela 4 - Opções Put Europeias	42
Tabela 5 - Opções Call Europeias e Americanas.....	44
Tabela 6 - Opções Put Americanas	44
Tabela 7 - Opções Put Europeias	44
Tabela 8 - MSU com diferente M1 e M2	47
Tabela 9 - MSU com diferente volatilidade e tempo para a maturidade	48
Tabela 10 - MSU com diferente M2 e α	49

Índice de Gráficos

Gráfico 1 – Volatilidade vs Preço do Exercício	43
Gráfico 2 - Comparação entre Put e Call Europeia.....	45
Gráfico 3 - Comparação entre um MSU e uma opção	46

Índice de Equações

Equação 1 - Modelo GBM.....	28
Equação 2 - Solução do Processo GBM	29
Equação 3 - Calls.....	29
Equação 4 - Puts	30
Equação 5 - Payoffs na maturidade.....	32



Equação 6 - Opções Europeias	32
Equação 7- Opções Americanas	32
Equação 8 - Preço de uma put e call asset-or-nothing.....	35
Equação 9 - Valor da opção asset-or-nothing power	36
Equação 10 - Valor de $G(S_t, K, \alpha, t, T)$	37
Equação 11 - Valor MSU por unidade	38
Equação 12 - Valor MSU no momento t	39
Equação 13 - Valor MSU	39
Equação 14 - Payoff do MSU	40



1. Introdução

O objetivo desta dissertação é diferenciar as employee stock options das market-leveraged stock units, duas formas existentes de compensação de executivos, e avaliar as employee stock options através do modelo de Black-Scholes e do modelo Binomial e avaliar as market-leveraged stock units.

Com a globalização e a inovação financeira o recurso a employee stock options tem-se tornado uma prática corrente nas empresas. A incorporação de employee stock options nas políticas de remuneração começou por ser implementada apenas para os administradores executivos (CEO's), tendo-se vindo a expandir ao longo do tempo para os restantes trabalhadores da empresa. Contudo, continua-se a aplicar mais esta forma de compensação aos CEO's.

Esta política de remuneração trata-se essencialmente de opções¹ de compra (call), em que é dado o direito (mas não a obrigação) de comprar ações a um preço pré-determinado (strike price ou preço do exercício). Contudo, a utilização das ESO's é mais restrita que a das opções, na medida em que se aplica apenas entre os trabalhadores e os empregadores, ao contrário das opções. Isto é, as opções procuram dar resposta à necessidade do mercado financeiro, enquanto as ESO's pretendem dar resposta às necessidades do sector empresarial, nomeadamente às necessidades internas de cada empresa.

¹ As opções são contratos financeiros derivados, ou seja, o valor de uma opção e os seus termos de negociação estão vinculados a um ativo subjacente. Uma opção confere ao seu titular o direito, mas não a obrigação, de comprar ou vender um determinado ativo por um determinado valor estipulado no contrato (preço de exercício) enquanto o vendedor tem o dever de concluir a transação. Quando uma opção de compra (call option) é exercida, o seu detentor paga pelo ativo subjacente o preço de exercício. Se for exercida uma opção de venda (put option), o seu proprietário (comprador) recebe o preço de exercício. A maturidade da opção é também um fator importante porque se o titular da opção não exerce o seu direito antes do fim do período de tempo pré-determinado (maturidade), a opção extingue-se.



No que concerne à avaliação de ESO's irei abordar em primeiro lugar o modelo proposto por Black e Scholes (1973). Estes autores propuseram um modelo para descrever o comportamento de opções europeias, a equação diferencial de Black-Scholes, dando ainda, num caso simplificado, a solução analítica para o preço de opções padrão europeias de compra e venda; irei também utilizar o modelo proposto por Cox, Ross e Rubinstein, em 1979, o modelo binomial, que delinea a variação do valor teórico da opção para intervalos de tempo discretos durante a duração da opção. O modelo começa com uma árvore binomial dos possíveis preços futuros discretos do ativo subjacente. Sendo que este modelo é mais utilizado do que o de Black-Scholes porque é mais flexível.

Relativamente à valorização das opções podemos referir que esta depende de diversos fatores como o preço de exercício, a maturidade da opção e o ativo subjacente da opção. O preço de exercício é importante devido a este se distanciar do preço do ativo subjacente à opção, ou seja, no caso das opções de compra, quanto menor for o preço de exercício e maior for o valor do ativo, mais vantajosa é a sua aquisição mas terá um preço mais elevado. No que diz respeito à maturidade da opção, esta é vista como um “prazo de validade”, tornando assim a opção um ativo terminável. Este prazo de maturidade acrescenta valor à opção se for mais alargado, isto é, possibilita ao adquirente garantir o seu direito de exercício durante um período mais alargado de tempo.

Com a evolução do mercado financeiro, as empresas começaram a modificar a sua prática de compensação dos empregados, substituindo as ESO's por market-leveraged stock units (MSU). Esta é uma forma de remuneração dos empregados em que o número das ações recebidas na data de vencimento depende do preço das ações na atualidade. De acordo com Hull e White (2014) estas são consideradas como uma forma de superar alguns dos inconvenientes de opções de ações e ações restritas. Relativamente à avaliação das MSU's iremos utilizar as fórmulas propostas por Hull e White (2014).

Este trabalho encontra-se estruturado em 6 partes, em que a primeira parte corresponde à presente *Introdução*. Na segunda parte, *Revisão de Literatura*, realizarei



uma pequena revisão bibliográfica; na terceira parte, *Avaliação de Employee Stock Options*, explico dois dos modelos utilizados para esta avaliação; na quarta parte, *Avaliação de Market-Leveraged Stock Units*, apresento a forma de avaliação; na quinta parte, *Aplicação Prática*, começo por aplicar as formas de avaliação, apresentadas anteriormente, no Excel e demonstrar os resultados que obtive; e, por, último, *Conclusão*, apresento as conclusões do referido trabalho.



2. Revisão da Literatura

2.1. Employee Stock Options

Com a globalização e as sucessivas alterações na economia, as empresas começaram a competir mais entre si. Consequentemente, foram alterando a sua administração, isto é, o proprietário da empresa deixou de ser o executivo principal da empresa. Portanto, houve uma separação entre os acionistas, que detêm o capital, e os administradores, que gerenciam o capital investido pelos acionistas, gerando assim uma relação de agência (Jensen e Meckling, 1976).

Devido a esta alteração, passou a ser necessário que as empresas recorressem a diversas práticas de compensação dos gestores, de modo a que o gestor realizasse ações que levassem ao sucesso da empresa.

Como Jensen e Murphy (1990) e Vieito et al. (2009) referem as políticas de remuneração são um dos mais importantes fatores de sucesso das empresas e devem ser elaboradas para dar aos executivos incentivos para selecionar e implementar atividades que aumentem a riqueza dos acionistas. Muito embora seja conhecido que a riqueza dos acionistas é afetada, não só pela remuneração, mas também pelas atividades dos administradores, empregados, condições de procura e oferta e políticas públicas. Aqueles autores ainda enfatizam que não é o quanto é pago ao executivo, mas sim como é pago, uma vez que um aumento na remuneração, conduzido pela melhoria no desempenho do empreendimento não representa uma transferência de riqueza dos acionistas para os executivos. Segundo os autores, os planos ou pacotes de remuneração compõem-se em três grandes grupos: salários; participação nos resultados/stock options; e remuneração variável.

Yermack (2004) refere que os diretores e executivos têm dois grandes incentivos para proteger os interesses dos acionistas: a remuneração e a reputação. Se por um lado, os incentivos monetários (salário, stock options, etc) os motivam a trabalhar para aumentar o valor dos acionistas, por outro lado, um bom desempenho dos mesmos



poderá lançá-los numa carreira de sucesso, em empresas com mais prestígio e dimensão.

Um desses incentivos monetários que as empresas oferecem aos seus empregados é a incorporação de *employee stock options* nas políticas de remuneração dos seus executivos/trabalhadores. Esta prática surgiu nos EUA, tendo-se expandido para o resto do mundo. As *Employee Stock Options* (ESO) são mais restritas que as restantes opções na medida em que só se aplicam entre trabalhadores e empreendedores (donos da empresa e os gestores) e pretendem dar resposta às necessidades internas de cada empresa no mercado. O principal benefício das ESO são o alinhamento da riqueza dos executivos/trabalhadores com o desempenho da empresa, e portanto, com os interesses dos acionistas. Todavia, este desempenho pode ser afetado devido ao facto de que os executivos têm que manter as suas ESO por um dado período de tempo antes das opções se vencerem, não podem vendê-las e nem devem exercer ou desistir das opções pouco depois de deixarem a empresa.

No início, as EOS eram apenas uma prática destinada aos administradores executivos, tendo vindo a ser expandida para os restantes trabalhadores da empresa. Por exemplo, a pesquisa realizada por Mercer (1999), nos EUA, concluiu que a percentagem de grandes empresas que atribuem opções sobre ações para pelo menos metade dos seus empregados aumentou de forma constante de 17% em 1993 para 39% em 1999.

De acordo com Atchison et al. (2010), os administradores executivos constituem um grupo de vital importância para o funcionamento da organização, sendo importante tentar individualizar uma compensação por cada administrador. Sempre que fosse possível devia-se desenvolver medidas de desempenho individual de tal forma que os incentivos fossem adequados e desejáveis, pois era de extrema importância que os administradores se associassem com o sucesso da organização. Caso contrário, como referem Defusco, Johnson e Zorn (1990) os administradores que não recebem incentivos (opções sobre ações), acabam tendo um comportamento avesso ao risco, uma vez que as tomadas de decisões mais arriscadas têm maior probabilidade de gerar resultados ruins para a empresa, o que poderá ter um impacto negativo na carreira desse gestor.



Contudo, é da vontade dos acionistas que os seus gestores sejam propensos ao risco, já que, quanto maior o risco dos negócios maior tende a ser o retorno dos ativos para compensar o risco assumido (Markowitz, 1952).

Coopers e Lybrand (1993) documentam a crescente importância das opções sobre ações na remuneração dos empregados. Sendo esta importância devido a falta de uma acusação contra o lucro contábilístico para a maioria das opções de compensação, o tratamento fiscal é favorável e o efeito de incentivo positivo de ligar a compensação de empregados à partilha de preços. Neste período, devido à escassez de dados disponíveis publicamente existia uma falta de informação e de investigação sobre as opções sobre ações e o comportamento de exercício do empregado. Contudo, para a Financial Accounting Standards Board's (FASB's)², em 1993, era importante compreender o comportamento de exercício do empregado e então emitiu um projeto de exposição que exigia que as empresas reconhecessem as despesas de compensação para o valor das opções de ações concedidas aos empregados. Ou seja, o FASB propôs uma pequena alteração a fórmula de avaliação de (Black e Scholes (1973)) existente para chegar a uma aproximação do custo de ESOs, isto é, a substituição do tempo esperado para o exercício da opção pelo prazo declarado das opções sobre ações dos empregados. Esta proposta criou uma tempestade de críticas entre os executivos de negócios, empresas de alta tecnologia, contabilistas, consultores de remuneração, o secretário do Tesouro, e grupos de acionistas.

Yermack (1995) menciona no seu estudo que as opções representam cerca de um terço da compensação média dos diretores executivos, no período entre 1990 e 1991, com base no valor calculado através do modelo Black e Scholes(1973). Portanto, as opções têm vindo a ganhar importância para os executivos e a valorização dada pelo FASB neste tema levou a que começassem aparecer trabalhos empíricos sobre a avaliação de opções. Huddart (1994) e Marcus e Kulatilaka (1994) desenvolveram modelos binomiais da política de exercício das opções que maximizassem a utilidade esperada dos seus titulares, quando estes fossem incapazes de vender ou fazer uma cobertura das suas

² É uma organização privada sem fins lucrativos, fundada em 1973, cujo objetivo é estabelecer e melhorar os princípios contábilísticos para as empresas públicas, nos Estados Unidos.



opções. Cuny e Jorion (1995), Jennergren e Naslund (1993) e Rubinstein (1995), centraram-se no impacto provocado no valor da opção caso o executivo pudesse deixar a empresa, perdendo assim a opção do exercício da mesma. Por outro lado, Lambert et al. (1991) utilizam a metodologia do equivalente-certo para valorizar a opção, baseados na utilidade, a partir do ponto de vista do titular da opção. Em artigos anteriores, Smith e Zimmerman (1976) fornecem limites no valor das opções de ações de executivos.

Porém, o principal problema encontrado nos diversos estudos realizados foi o problema de agência (entre acionistas e administradores) que muitas vezes interfere com as compensações oferecidas aos empregados.

Um dos estudos pioneiros foi realizado por Yermack (1997) que descobriu ligações sobre a compensação dos executivos entre a introdução de planos de incentivos a longo prazo e as alterações no desempenho nas empresas. A compensação ao nível dos incentivos pode motivar os administradores a tomar decisões mais importantes para a empresa.

Segundo Yermack (1997) os colaboradores efetivamente manipulam a divulgação da informação no período em torno da data de atribuição, fazendo com que o preço de mercado seja menor do que o esperado, na data de atribuição. Este coloca ainda a hipótese que o momento da divulgação é manipulado, considerando a data de atribuição conhecida e fixa. Constatou também que a divulgação dos resultados imediatamente após a data de atribuição é geralmente mais favorável do que a efetuada imediatamente antes da data de atribuição e concluiu que a data de atribuição das ações é o dia anterior ao do anúncio dos resultados trimestrais e a segunda data mais popular é o dia do anúncio desses mesmos resultados. O autor ainda descobriu que o preço das ações começou a aumentar depois da atribuição das *stock options* (SO) aos CEO³, e que as empresas realizam no mercado, numa base regular, o risco através de pouco mais de 2% nos próximos 50 dias negociáveis. Sendo que para atribuir estes retornos anormais, às más notícias, deve acreditar-se que os investidores continuam sem conhecimento da

³ Significa Diretor Executivo ou Chief Executive Officer é um cargo que está no topo da hierarquia operacional de uma empresa. Este possui a responsabilidade de executar as diretrizes propostas pelo Conselho de Administração, que por sua vez é composto por representantes dos acionistas da empresa.



concessão de SO algum tempo após a data de atribuição, sendo a única via oficial que as empresas têm como forma de informar sobre as concessões.

Até 2001, todas as investigações e estudos realizados estavam mais direcionadas para as opções de ações a executivos, ficando de parte a investigação sobre opções de ações para empregados que não fossem executivos.

Como Core e Guay (2001) referem no seu estudo algumas empresas começaram a utilizar de forma extensa as opções sobre ações que os acionistas começaram a recusar aprovar aumentos nos números de ações disponíveis para opções. Os autores examinaram os determinantes nas participações de opções de ações a empregados não executivos, concessões e os exercícios em uma amostra de 756 empresas durante o período de 1994 a 1997. Concluíram que as empresas usam uma maior compensação de opções de ações perante exigências de capital e restrições de financiamento. Contudo, as empresas utilizam as opções também para atrair e reter certos tipos de trabalhadores, bem como para criar incentivos para aumentar o valor da empresa. Após controlar os determinantes económicos e os retornos das ações, os exercícios de opções são maiores quando o preço das ações da empresa atinge máximos de 52 semanas.

Segundo Oyer e Schaefer (2005) as três potenciais justificações económicas para as empresas emitirem opções sobre ações para os seus empregados são: a concessão de opções pode oferecer incentivos para os trabalhadores, a concessão de opções pode induzir a triagens e este sistema de opções pode reter os empregados. Em primeiro lugar, a empresa ao vincular a riqueza de um empregado para o valor da empresa pode superar alguns dos problemas de agência existentes e motivar os empregados a tomar medidas que sejam do seu interesse. Em segundo lugar, tal como com qualquer compensação não remuneratória, os empregados podem fazer avaliações de crédito heterogêneas acerca do valor da concessão da opção. Ou seja, quando os empregados diferem nas suas crenças sobre as perspectivas da empresa, estas podem reduzir os custos de compensação usando opções para atrair empregados mais otimistas. Em terceiro lugar, as opções podem ajudar as empresas a reter funcionários pois qualquer forma de compensação diferida faz com que seja mais difícil os empregados



abandonarem a empresa. No entanto, os incentivos podem ser especialmente úteis para esta finalidade, quando os preços das ações e as condições do mercado de trabalho são positivamente correlacionadas pois esses incentivos podem ser alterados percentualmente consoante as oportunidades da empresa.

Ao longo dos anos, o uso de opções de ações como compensação de empregados de nível médio e mais baixo tem vindo a aumentar. Apesar de esta prática ser vista como uma forma de relação existente entre a empresa e os seus empregados, é também uma forma de compensação que expõe os empregados a um grande grau de risco.

Oyer e Schaefer (2005) concluíram que para gerentes de nível médio as opções de ações são um mecanismo de incentivo ineficiente. E que se os trabalhadores forem suficientemente otimistas sobre as perspetivas dos seus empregadores, as opções de ações podem ser um meio eficiente de compensação, ou seja, apesar de exigir uma compensação para o risco, os funcionários otimistas poderiam estar dispostos a aceitar uma grande redução em compensação em dinheiro suficiente para justificar usando opções como compensação. Estes ainda referem que nem as restrições de caixa, nem o tratamento contabilístico das concessões de opções podem explicar o uso de planos de *stock options* de base ampla. A crença de que o tratamento contabilístico das opções é o único responsável pela sua utilização generalizada parece inconsistente com a variação transversal na adoção de planos de opção e com o fato de que tantas empresas com planos gerais foram bem-sucedidas por longos períodos.

Visto que as ESO representam a maior componente de remuneração dos executivos conduziu a uma maior compreensão sobre o custo para os acionistas destas opções e os incentivos que eles fornecem aos administradores e empregados.

De acordo com Lie (2005), com base numa amostra de 5977 *stock option grants* durante o período de 1992 a 2002, existiram retornos anormais negativos antes das concessões de opções e retornos positivos depois, descobrindo que este padrão se intensificou ao longo do tempo. Mesmo a parte dos retornos de ações que está previsto por fatores no mercado global é negativa antes das concessões de opções e positivo depois. Este conclui que a menos que os executivos tenham uma vantagem informacional que lhes



permite desenvolver previsões superiores em relação aos futuros movimentos do mercado que impulsionam estes retornos previstos, os resultados sugerem que a data oficial da concessão deve ter sido definida de forma retroativa.

Heron e Lie (2007) referem que este padrão de retorno a partir de agosto de 2002 é muito mais fraco, visto que a Securities and Exchange Commission requeria que as concessões de opções devessem ser comunicadas dentro de dois úteis após passarem a vigorar. Concluíram que a maior parte do padrão de retorno anormal em torno de concessões de opções é atribuível a *backdating* das datas das concessões das opções. E que nos casos em que os subsídios são relatados no prazo de um dia antes da data da concessão o padrão desaparece completamente mas este continua a existir para as subvenções notificadas com desfasagens mais longas e sua magnitude tende a aumentar com o atraso dos relatórios.

Anteriormente, os autores Yermack (1997), Aboody e Kasznik (2000), Chauvin e Shenoy (2001), e Narayanan e Seyhun (2005) também reconheceram que os retornos das ações das empresas são anormalmente elevados imediatamente após as concessões de opções de ações a executivos.

Um tema que tem vindo a ganhar importância é como as características das ESOs possam afetar os valores de opção e de incentivos, mas devido a falta de dados no que respeita ao comportamento de exercício dos detentores destas opções esta área tem sido pouco investigada. Porém, Huddart e Lang (1996) examinaram exercícios de opções em sete empresas de capital aberto e uma empresa privada, no período entre 1982 e 1994, obtendo evidências sobre quando as opções de ações dos empregados são exercidas e os fatores que estão associados com a decisão de exercer. Os autores concluíram que o exercício é fortemente associado aos últimos movimentos do preço das ações, a relação *market-to-strike*, à proximidade da data de exercício, ao prazo de vencimento, a volatilidade e ao nível do empregado, dentro da empresa. Argumentam também que normalmente os empregados exercem as opções antes do seu vencimento, e também examinaram a capacidade de diferentes variáveis para prever meses com atividade de exercício intenso e encontraram uma relação positiva entre a atividade de exercício da



opção e a recente valorização do preço das ações. Todas estas conclusões têm implicações para os planejadores das compensações. Contudo, referem ainda que o exercício antecipado é um fenómeno penetrante que tem implicações importantes para a compreensão de opções de ações de empregados.

Carpenter (1998) compara o custo para os acionistas da concessão de opções de ações a um empregado sob uma simples extensão de um *American option pricing model* e um *utility maximizing model* mais elaborado utilizando dados sobre padrões de exercício para os CEOs em 40 empresas.

Bettis, Bizjack e Lemmon (2005) vão complementar as análises realizadas por Huddart e Lang (1996) e Carpenter (1998) utilizando uma base de dados única de mais de 140000 exercícios de opções de executivos de empresas em quase 4000 empresas durante o período de 1996 a 2002, para documentar as características de comportamento de exercício e calibrar um modelo baseado na utilidade para medir como as diferenças de comportamento de exercício se manifestam em valores de opção e incentivos. Os autores referem ainda no seu estudo que as medidas de incentivos para oferecerem opções para executivos pode aumentar o preço das ações da empresa e que as diferenças no comportamento de exercício e no modelo de escolha podem afetar as medidas de valores e incentivos dos ESO. Estes concluíram que o exercício antecipado de opções sobre ações de empregados é generalizado com o exercício que ocorre pouco mais de dois anos subsequentes à carência e mais de quatro anos da expiração, as opções são exercidas em empresas mais antigas mas com uma alta volatilidade nos preços de ações e com rendimentos de dividendos mais altos.

O crescimento do uso de opções como forma de compensação de trabalhadores, tem vindo a ganhar importância ao longo dos tempos provocando um aumento de investigação neste tema. Uma das áreas investigadas é a influência da redefinição⁴ das opções na valorização da empresa.

⁴ Apesar das SO serem tipicamente emitidas com termos fixos e que são especificados explicitamente no *proxy statement*, evidência empírica (Brenner et al., 2000) sugere que os seus parâmetros são por vezes alterados, especialmente quando o preço das ações decresce, colocando as opções *out-of-money*. Por outro lado algumas empresas reservam o direito de alterar os termos do contrato de opções, sendo que



Gilson e Vetsuypens (1993) e Saly (1994) examinaram a redefinição induzida por circunstâncias extraordinárias. No primeiro estudo analisaram empresas em dificuldade financeira durante o período de 1981 e 1987 e o segundo é centrado na redefinição após o acidente no mercado de ações em 1987.

Brenner, Sundaram e Yermack (1998) e Chance, Kumar e Told (1997) examinaram a redefinição em circunstâncias “normais” e caracterizaram a típica opção *reset*. No primeiro estudo, concluíram que a redefinição é inevitavelmente antecedida de retornos de ação negativos, e com a sua crescente incidência piora o desempenho da empresa. No que se refere a opção típica *reset*, estes relatam que na grande maioria dos casos na sua amostra, o novo preço de exercício é ajustado para o preço das ações prevalecente no momento do *reset*. Chance, Kumar e Told (1997) estudam o mercado, a indústria e o desempenho da empresa, numa amostra de empresas que pretendem redefinir as opções, no período de 250 dias antes e depois da redefinição. Estes na sua análise referem que existe uma forte relação inversa entre a redefinição e o desempenho da empresa antes da data de *reset* e não encontram nenhuma melhoria significativa no retorno aos acionistas após a redefinição.

Brenner, Sundaram e Yermack (2000) examinaram a prática de redefinir os termos prévios das opções de ações emitidas a executivos. Estes referem que a maioria das opções são *reset at-the-money*, o que resulta numa descida de 40% no preço médio de exercício. E que o reajuste tem uma forte relação negativa com o desempenho da empresa mesmo após a correção que realizaram para o desempenho da indústria. O modelo de avaliação utilizado pelos autores sugere que a reinicialização tem apenas um pequeno impacto sobre o valor *ex-ante* de uma opção mas o ganho *ex-post* pode ser substancial.

Brenner, Sundaram e Yermack (2000) diferem do estudo de Chance, Kumar e Told (1997) na medida em que estes tem como objetivo caracterizar as empresas que têm opções

uma das características é o direito para alterar o preço de exercício, estas podem alterar os preços de exercício das SO antigas e/ou cancelar as mesmas emitindo novas SO. A decisão para alterar o preço de exercício normalmente é feita pelas CR, e este processo de reafixar o preço de exercício chama-se “*repricing*” (redefinição).



reset, para identificarem as características da opção típica *reset* e utilizar esta informação para obter um valor para a opção redefinida e consideram que a alteração de vencimento de uma opção é um importante componente de reposição e que afeta quase metade de todas as opções redefinidas, sendo esta a razão de eles considerarem a alteração da maturidade no seu estudo.

Chance, Kumar e Told (2000) examinam uma amostra de empresas que redefiniram os preços de exercício nas suas opções de executivos. Estas redefinições sugerem um período de cerca de um ano de fraco desempenho numa empresa específica e em que a empresa média perde um quarto do seu valor. Os autores ainda referem que a maioria das opções teria sido *at-the-money* dentro de dois anos se não houvesse redefinição. Porém, são as empresas com maiores problemas de agência, de tamanho menor e com informações privilegiadas que são mais propensas a redefinições.

Acharya, John e Sundaram (2000) no seu estudo empírico mostram que embora a antecipação do reajuste possa afetar negativamente os incentivos iniciais, a redefinição ainda pode ser um importante aspeto no aumento do valor dos contratos de compensação, mesmo do ponto de vista *ex-ante*. Isto porque a redefinição dos preços de exercício de opções sobre ações de executivos provocou críticas, consequentemente incitou a um enfraquecimento dos incentivos gerenciais. Estes ainda concluíram que a redefinição é quase sempre ótima e as vantagens da redefinição diminuem com uma maior capacidade dos gestores de influenciarem o processo de redefinição, uma maior importância dos fatores externos sobre o desempenho das ações, e menores custos de substituição dos gestores titulares. Em conclusão, pode-se referir que as empresas redefinem as suas opções de ações a executivos por uma série de razões, por exemplo, para remover a perda de valor da opção que poderia ter resultado num mau desempenho no mercado.

Yermack (1997), Core et al. (1999) e Bebchuk et al. (2010) referem que os CEO's de empresas com fracas estruturas de governo das sociedades são mais propensos a maximizar a sua própria riqueza, o que leva a concluir que estas empresas tendem a pagar mais aos seus executivos, independentemente do desempenho dos mesmos. Tal



acontece devido à ausência de oposição às decisões tomadas pelos CEO's que tendem a aproveitar-se desse fato para oportunisticamente aumentarem a sua remuneração.

2.2. Market-leveraged stock unit

A evolução do mercado e as sucessivas investigações na área de compensação de empregados provocou uma alteração na forma como as empresas compensam os seus empregados, isto é, em vez de a compensação ser realizada através de opções de ações passou a ser com unidades de ações restritas (RSU).

Cook e Neel (2009) apresentam diversos problemas com as opções de ações que são: as opções são financeiramente ineficientes sob os princípios da contabilidade atuais (FAS 123R); as opções perdem a motivação e o valor de retenção se elas submergirem, isto é, os empregados podem atribuir um valor de zero, embora uma despesa fixa contínua registada; as opções são sujeitas a preços de um único dia do preço de exercício; a flexibilidade dos empregados de exercer opções exercíveis a qualquer momento que escolher, considerado por muitos ser uma vantagem de opções, pode criar grandes disparidades nos resultados; muitos dos executivos seniores, por uma variedade de razões, esperam muito tempo para exercer as opções valiosas; *"blackout windows"* podem interferir com a flexibilidade do tempo. Estes problemas levaram a que se considerasse a substituição de opções de ações por RSUs.

As RSU conferem ao trabalhador o direito de receber uma ação das ações da empresa em um momento futuro (data de aquisição) desde que certas condições tenham sido satisfeitas pelo trabalhador (Hull e White, 2014). Ou seja, é uma forma de compensação oferecida pela empresa a um trabalhador, sendo que o trabalhador não recebe as ações imediatamente, mas em vez disso recebe um acordo com um plano de aquisição e um calendário da distribuição depois de este alcançar os objetivos/metastas de desempenho exigidas ou a permanência no emprego por um período específico de tempo.

De acordo com Chaves (2012), no caso de ações restritas, os trabalhadores recebem uma efetiva gratificação, em vez de uma potencial gratificação, como acontece com as



stock option plans, visto que os trabalhadores são remunerados através da atribuição direta, embora mediante determinadas restrições, de ações a custo zero. *Stock option plans* apenas se transformam numa real gratificação se o preço de exercício for inferior ao preço de mercado, o que comporta um risco maior para o trabalhador, daí que os planos de ações restritas sejam constituídos por um meio ou, por vezes, um terço do número de ações que compõem os *stock option plans*.

Cook e Neel (2009) propõem uma variação ao RSU que ficaria conhecida como market-leveraged stock unit (MSU). Esta é uma forma de remuneração dos empregados, em que o número de opções recebidas na data de aquisição depende do preço das ações naquele momento (Hull e White, 2014).

Hull e White (2014) referem que a MSU é designada para superar uma lacuna existente nos planos de opções de ações tradicionais. E, se por qualquer motivo, uma opção se torne *out of the money*, o trabalhador espera um *payoff* de zero e não pode ser incentivado a trabalhar no “duro”. Sendo que este foi um dos problemas de muitas empresas devido ao declínio no mercado de ações, no período de 2008-2009. Contudo, as MSU ainda apresentam a propriedade de que se a empresa apresenta um mau desempenho, os funcionários estão sempre motivados para melhorar esse desempenho.

A MSU é basicamente uma RSU (unidade de ações restritas) com a diferença/lacuna de que apresenta alavancagem. É considerada como um instrumento híbrido com características tanto de opções como de RSU, mas sem algumas desvantagens destas.

Um estudo realizado pela empresa Compensia (2012) apresenta algumas vantagens das MSUs sobre outros veículos de capital. Isto é, as MSUs são significativamente menos frágeis do que as opções sobre ações e ações de desempenho tradicionais, proporcionando bons incentivos de motivação/retenção tanto em mercados up (acima) como down (baixos); a ligação entre o valor do acionista e a criação/preservação é direta; a definição da previsão/meta não é exigida; e os níveis de alavancagem das opções de ações podem ser alcançados.



Em suma, as empresas acreditam que as MSUs são uma adição valiosa à sua carteira de incentivos aos executivos a longo prazo, visto que a compensação de executivos deve ser estritamente alinhada com a criação de valor para o acionista. Contudo, as MSUs devem ser consideradas como um elemento equilibrado, uma abordagem ponderada e uma estratégia de total recompensa de executivos.



3. Avaliação de Employee Stock Options

Nesta secção, vai fazer-se uma abordagem teórica a dois modelos para avaliar as ESO assumindo que o ativo subjacente segue um processo geometric brownian motion: o modelo Black Scholes e o modelo Binomial. Contudo, as ESO podem ser avaliadas através de outros modelos, como o modelo baseado na utilidade, o modelo de simulação de Monte Carlo, entre outros.

No entanto, a avaliação de opções pode ser distinguida em dois tipos de modelos:

- ✓ Modelos em tempo discreto;
- ✓ Modelos em tempo contínuo.

Os modelos em tempo discreto consideram um conjunto temporal de valores finitos ou infinitos numeráveis que assumem, na grande maioria dos casos, valores inteiros. Por exemplo, avaliar mensalmente o valor de uma ação traduz-se numa avaliação em tempo discreto, na medida em que existe um intervalo de tempo entre cada movimentação de preço. Um exemplo de modelo em tempo discreto é o modelo binomial de Cox, Ross e Rubinstein (1979).

Os modelos em tempo contínuo consideram um conjunto temporal constituído por todos os valores de um intervalo real. Por exemplo, a ação assume valores não apenas mensais, ao contrário do tempo discreto, mas sim um número infinito de valores compreendidos no intervalo temporal definido, na medida em que os intervalos de tempo entre cada movimentação de preço são próximos de zero. Um dos modelos em tempo contínuo é o modelo de Black-Scholes.

No entanto nos processos estocásticos em tempo contínuo deve ter-se atenção à sua estacionariedade, ou seja, no caso do comportamento das ações, o preço de uma ação é um processo não estacionário, visto que o preço da ação pode assumir um comportamento completamente distinto em períodos homólogos, sendo que a variância do preço aumenta à medida que o tempo também aumenta (Dixit e Pindyck,



1994). Contudo, existem diversos tipos de processo estocásticos mas o que vamos abordar é o Processo de Wiener e o Geometric Brownian Motion (GBM).

Em suma, neste capítulo abordaremos tanto modelos em tempo discreto como em tempo contínuo.

3.1. Processo de Wiener (Brownian Motion)

O processo de Wiener ou Brownian Motion é um tipo particular de processo de Markov, isto é, é um processo estocástico em tempo contínuo. Este contém três propriedades importantes:

1. É um processo de Markov, ou seja, a distribuição de probabilidade de todos os valores futuros do processo depende apenas do valor presente, nunca sendo afetado por valores passados;
2. Possui incrementos independentes e estacionários;
3. As variações no processo sobre qualquer intervalo de tempo finito são normalmente uma distribuição normal, com uma variância das variáveis a aumentar linearmente com o intervalo de tempo.

Segundo Dixit e Pindyck (1994) estas três propriedades podem ser restritivas, na medida em que existem poucas variáveis reais que poderiam ser modeladas por um Brownian Motion sem sofrer qualquer alteração. Um dos exemplos desta limitação é o exemplo, do preço de uma ação, que apesar de se verificar um processo de Markov e a existência de incrementos independentes, as variações seguem uma distribuição log-normal, visto que o preço de uma ação nunca poderia ficar abaixo de zero. Como tal surgiram generalizações mais complexas deste processo, denominadas processos de Ito, como é o caso do Geometric Brownian Motion.



3.2. Geometric Brownian Motion (GBM)

Dixit e Pindyck (1994) referem que Geometric Brownian Motion (GBM) é uma derivação não-negativa de um Brownian Motion, isto é, enquanto um Brownian Motion pode assumir valores negativos, um GBM apresenta somente valores positivos (Dixit e Pindyck, 1994).

O Modelo GBM é dado pela seguinte equação:

$$\frac{dS_t}{S_t} = (r - q)dt + \sigma dW_t^Q$$

Equação 1 - Modelo GBM

onde, r a taxa de juro; q a dividend-yield ($q \geq 0$ representa o rendimento de dividendos para o preço de ativos) e σ a volatilidade instantânea por unidade de tempo de retorno dos ativos, presumindo –se que são constantes. W é um movimento Browniano.

Usando o lema de Ito têm-se:

$$d\ln(S_t) = \frac{\partial f}{\partial t} dt + \frac{\partial f}{\partial S_t} dS_t + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial S_t^2} d\langle W^Q, W^Q \rangle_t$$

$$d\ln(S_t) = 0 + \frac{1}{S_t} dS_t + \frac{1}{2} \left(-\frac{1}{S_t^2}\right) d\langle W^Q, W^Q \rangle_t$$

$$d\ln(S_t) = (r - q)dt + \sigma dW^Q - \frac{1}{2} \sigma^2 dt$$

$$d\ln(S_t) = \left(r - q - \frac{1}{2} \sigma^2\right) dt + \sigma dW^Q$$

Continuando, integra-se a equação anterior entre 0 e t e obtém-se:



$$\int_0^t d\ln(S_u) = \int_0^t (r - q - \frac{1}{2}\sigma^2) du + \int_0^t \sigma dW_t^Q$$

$$S_t = S_0 \exp[(r - q - \frac{1}{2}\sigma^2)(t - 0) + \sigma \int_0^t dW_t^Q]$$

Sendo a solução do processo GBM:

$$S_t = S_0 \exp[(r - q - \frac{\sigma^2}{2})t + \sigma W_t^Q]$$

Equação 2 - Solução do Processo GBM

Com a seguinte equação poderemos avaliar as opções ESO.

3.3. Modelo Black-Scholes-Merton

Black e Scholes (1973) e Merton (1973) desenvolveram trabalhos que vieram dar origem ao Modelo de Black-Scholes-Merton⁵. Este é um dos modelos mais básicos para estimar o valor de uma opção usando várias técnicas quantitativas, baseadas no conceito de neutralidade face ao risco, assumindo que o ativo subjacente segue um GBM.

O modelo de Black-Scholes-Merton a utilizar:

- Calls:

$$c_t = E_t^Q [e^{-r(T-t)}(S_T - K)^+] = S_t e^{-q(T-t)} N(+d_1) - K e^{-r(T-t)} N(+d_2)$$

Equação 3 - Calls

⁵ Só pode ser aplicado a opções europeias.



- Puts:

$$p_t = E_t^Q [e^{-r(T-t)}(K - S_T)^+] = K e^{-r(T-t)} N(-d_2) - S_t e^{-q(T-t)} N(-d_1)$$

Equação 4 - Puts

onde,

$$d_1 = \frac{\ln(S_t/K) + (r - q + 0.5\sigma^2)(T - t)}{\sigma\sqrt{T - t}},$$

$$d_2 = \frac{\ln(S_t/K) + (r - q - 0.5\sigma^2)(T - t)}{\sigma\sqrt{T - t}} = d_1 - \sigma\sqrt{T - t}$$

e onde,

S_t = o preço do ativo subjacente em t ;

K = o preço de exercício (strike) da opção;

τ = Período de tempo até as opções expirarem, isto é, $\tau = T - t$;

T = data de vencimento/maturidade;

r = taxa de juro sem risco;

σ = volatilidade;

q = dividend yield;

$N()$ = a densidade cumulativa normal da função().

3.4. Modelo Binomial

Cox et al. (1979) e Rendleman and Bartter (1979) propõem o modelo binomial para aproximar a solução de tempo contínuo para os preços das opções.

As equações para calcular o modelo binomial são:

$$\Delta t = \frac{T-t}{n},$$



$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}},$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} = 1/u,$$

$$q_u = \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d}$$

Cox, Ross e Rubinstein (1979) propõem a hipótese de que o $d=1/u$

onde,

t – Data de valorização;

T – Maturidade;

n – Períodos;

σ = volatilidade;

q_u = probabilidade de risco-neutral

u e d = fatores de valorização e desvalorização, sendo igual a um mais a taxa aritmética de retorno das ações durante o intervalo de tempo Δt

Temos de assumir a hipótese de que só existem duas possibilidades:

- O valor do ativo sobe:

$$S_{i+1} = u \times S_i \quad (u > 1), \text{ com probabilidade } p$$

- Ou então desce:

$$S_{i+1} = d \times S_i \quad (d < 1), \text{ com probabilidade } (1-p)$$

O valor do ativo ao fim de i períodos, com j crescimentos, é dado por:

$$S_{i,j} = S_{0,0} u^j d^{i-j}$$



Para calcular o valor do prémio temos de recuar desde a última coluna de uma árvore binomial até chegar à primeira, onde $V_{0,0}$ corresponde ao valor justo da opção.

Os payoffs na maturidade calculam-se utilizando a seguinte equação:

$$f_{n,j} = (\phi(S_{n,j} - K))^+$$

Equação 5 - Payoffs na maturidade

com $\phi=1$ para uma call e $\phi=-1$ para uma put.

De seguida, atualiza-se os payoffs:

- Opções Europeias:

$$f_{i,j} = e^{-r\Delta t} [q_u \times f_{i+1,j+1} + (1 - q_u) \times f_{i+1,j}]$$

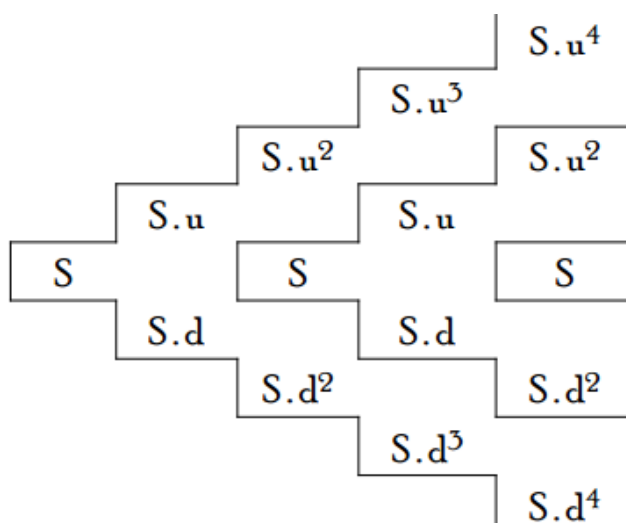
Equação 6 - Opções Europeias

- Opções Americanas:

$$f_{i,j} = \max[\phi(S_{i,j} - K); e^{-r\Delta t} [q_u \times f_{i+1,j+1} + (1 - q_u) \times f_{i+1,j}]]$$

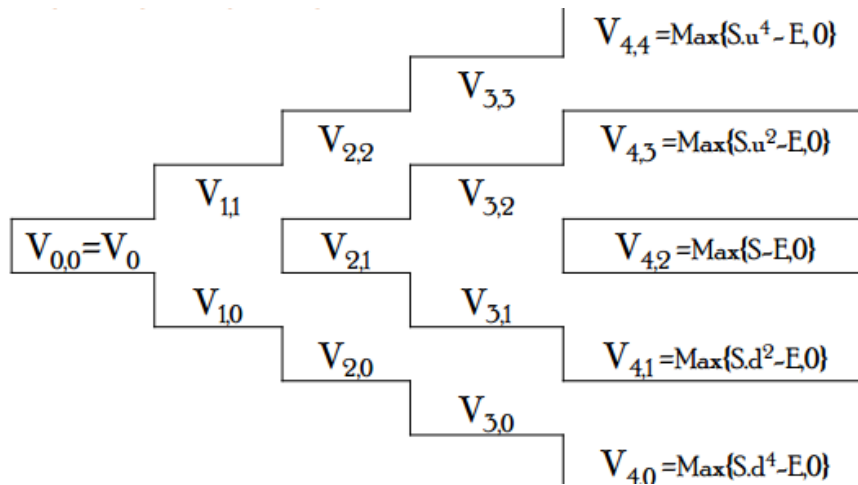
Equação 7- Opções Americanas

Exemplo de uma árvore binomial (i=4)





Exemplo de uma árvore de payoffs – Call Europeia



Em suma, pode referir-se que, de um modo geral, os dois modelos de valorização de opções dependem de vários fatores, como, o preço de exercício (strike) da opção; o preço de mercado atual do ativo subjacente; o custo de manter uma posição no subjacente, incluindo juros e dividendos; o tempo que resta até ao vencimento, em conjunto com quaisquer restrições quanto à data em que a opção pode ser exercida, e uma estimativa de volatilidade futura do preço do subjacente durante o tempo de vida da opção.



4. Avaliação de Market-Leveraged Stock Units

Neste subcapítulo começamos por definir o que é uma opção binária e os tipos existentes, de modo a perceber a base de avaliação das MSUs.

Uma opção binária ou opção digital é uma opção exótica onde o payoff (resultado) é ou um ativo pré-fixo, ou zero. Estas apresentam uma forte descontinuidade nos seus payoffs. Existem dois tipos possíveis de opções binárias:

- ✓ cash-or-nothing – a opção paga uma quantia fixa de dinheiro se as opções terminarem in-the-money ou não pagam nada caso terminem out-the-money.
- ✓ asset-or-nothing - a opção paga o valor do subjacente se terminar in-the-money ou nada se terminar out-the-money.

4.1. Opções Asset-or-Nothing

Como referido anteriormente, uma opção asset-or-nothing é um tipo de opção binária padrão que paga um montante igual ao do próprio preço do ativo subjacente se a opção terminar in-the-money na maturidade.

O payoff da asset-or-nothing é dado por:

$$c_T := \begin{cases} S_T & \leftarrow S_T > K \\ 0 & \leftarrow S_T \leq K \end{cases}$$

$$P_T := \begin{cases} S_T & \leftarrow S_T < K \\ 0 & \leftarrow S_T \geq K \end{cases}$$

No que diz respeito a uma call (put) asset-or-nothing podemos referir que esta paga um montante igual a S_T se o preço do ativo subjacente acabar acima (abaixo) do preço de exercício e nada se terminar abaixo (acima) ou igual ao preço do exercício.



A solução para a valorização de asset-or-nothing options utilizando a fórmula descrita por Rubinstein e Reiner (1991) é dada sob o pressuposto do GBM. O preço de uma call asset-or-nothing no momento t , c_t , e o preço uma put asset-or-nothing no momento t , p_t , são:

$$c_t = S_t e^{-q(T-t)} N(+d_1)$$

$$p_t = S_t e^{-q(T-t)} N(-d_1)$$

Equação 8 - Preço de uma put e call asset-or-nothing

onde,

$$d_1 = \frac{\ln(S_t/K) + (r - q + 0.5\sigma^2)(T - t)}{\sigma\sqrt{T - t}}$$

sendo,

$N()$ – Função cumulativa da distribuição normal

S_t = o preço do ativo subjacente em t ;

K = o preço de exercício (strike) da opção;

T = data de vencimento/maturidade;

r = taxa de juro sem risco;

σ = volatilidade;

q = dividend yield.



4.2. Opções Asset-or-Nothing Power

Para avaliarmos as MSUs temos de primeiro analisar e valorizar as opções asset-or-nothing power. Estas pertencem à classe das opções exóticas em que o payoff é na data do vencimento e está relacionado com o poder do preço das ações.

Segundo os autores Hull e White (2014) a valorização das opções asset-or-nothing power proporcionam um payoff de S_T^α no momento T quando S_T , o valor do preço do ativo subjacente no momento T, é maior do que K. Sendo que o valor desta opção no momento em que o preço das ações é S_t definido por $G(S_t, K, \alpha, t, T)$.

Presumindo que o preço das ações, S, segue o GBM com um risco neutro, temos

$$dS = (r - q)Sdt + \sigma S dz$$

Onde, r- taxa livre de risco; q – yield dividend ; σ - volatilidade; dz – processo de Wiener e assumimos que r, q, e σ são constantes.

Caso $\alpha=1$, uma opção asset-or-nothing power torna-se numa opção regular de asset-or-nothing, proposta por Rubinstein and Reiner(1991). E o seu valor no momento t é

$$G(S_t, K, 1, t, T) = e^{-q(T-t)} S_t N(d_1)$$

Equação 9 - Valor da opção asset-or-nothing power

Usando o lema de Itô tem-se:

$$dS^\alpha = \left[\alpha \left(r - q - \frac{\sigma^2}{2} \right) + \alpha^2 \frac{\sigma^2}{2} \right] S^\alpha dt + \alpha \sigma S^\alpha dz$$

Isto mostra que S^α se comporta como um stock, onde a volatilidade é $\sigma^* = \alpha \sigma$ e a yield dividend é

$$q^* = r - \alpha \left(r - q - \frac{\sigma^2}{2} \right) - \alpha^2 \frac{\sigma^2}{2}$$

Por fim, substituindo S_t^α por S_t , K^α por K, q^* por q e σ^* por σ obtemos $G(S_t, K, \alpha, t, T)$ que é dada pela equação seguinte:



$$G(S_t, K, \alpha, t, T) = S_t^\alpha \exp\{[(\alpha - 1)(r + \alpha \frac{\sigma^2}{2}) - \alpha q](T - t)\} N(h(\alpha))$$

Equação 10 - Valor de $G(S_t, K, \alpha, t, T)$

onde,

$$h(\alpha) = \frac{\ln(S_t/K) + (r - q + (\alpha - \frac{1}{2})\sigma^2)(T - t)}{\sigma\sqrt{T - t}}.$$

4.3. MSUs

Cook e Neel (2009) propuseram uma variação, isto é as RSU (unidades de opções restritas), sendo esta conhecida como MSU. Nesta, o número de opções recebidas é igual a S_T/S_0 , onde S_0 é o preço do ativo subjacente no tempo zero, quando o MSU é emitido, e S_T é o preço do ativo subjacente no tempo T anos (a data de aquisição).

De acordo com Hull e White (2014), temos de considerar primeiro o caso de não existir um cálculo da média nem uma proteção ao dividendo. Sendo que neste caso definimos M_1 e M_2 como floor e cap para S_T/S_0 , respetivamente. O valor da recompensa de um MSU é

$$\begin{array}{lll} M_1 S_T & \text{se} & S_T < M_1 S_0 \\ (S_T/S_0) S_T & \text{se} & M_1 S_0 \leq S_T \leq M_2 S_0 \\ M_2 S_T & \text{se} & S_T > M_2 S_0 \end{array}$$

O MSU pode ser decomposto em cinco produtos derivados:

1. Uma posição long em M_1 opções asset-or-nothing power com $\alpha = 1$ e $K = 0$
2. Uma posição short em M_1 opções asset-or-nothing power com $\alpha = 1$ e $K = M_1 S_0$
3. Uma posição em $1/S_0$ opções asset-or-nothing power com $\alpha = 2$ e $K = M_1 S_0$
4. Uma posição short em $1/S_0$ opções asset-or-nothing power com $\alpha = 2$ e $K = M_2 S_0$
5. Uma posição long em M_2 opções asset-or-nothing power com $\alpha = 1$ e $K = M_2 S_0$



Logo, o valor do MSU por unidade é

$$M_1 G (S_t, 0, 1, t, T) - M_1 G (S_t, M_1, S_0, 1, t, T) + \frac{G (S_t, M_1, S_0, 2, t, T)}{S_0} \\ - \frac{G (S_t, M_2, S_0, 2, t, T)}{S_0} + M_2 G (S_t, M_2, S_0, 1, t, T)$$

Equação 11 - Valor MSU por unidade

De acordo com Hull e White (2014), as empresas para fins de relatórios corporativos estão mais interessadas no justo valor de mercado do MSU na data do seu início $t=0$. Contudo, os titulares das MSU podem estar interessados no valor em momentos diferentes.

Os autores mencionam que o pagamento de dividendos reduz o preço das ações futuras, sendo que isto terá um duplo efeito sobre o valor do MSU. Ou seja, a redução do preço das ações futuras diminui o número de ações recebidas, consequentemente reduz o valor de cada ação recebida. Todavia, para se fornecer proteção completa de dividendos no tempo zero é necessário aumentar o número de unidades emitidas por um fator multiplicativo e^{qT} ; aumentar o número de ações recebidas quando cada unidade é legalmente investida por um fator multiplicativo e^{qT} ; e multiplicar os máximos e os mínimos por e^{-qT} .

O valor da recompensa final por unidade original da MSU é calculado por:

$$\begin{array}{lll} M_1 e^{qt} S_T & \text{se} & S_T < M_1 e^{-qt} S_0 \\ (S_T/S_0) e^{2qt} S_T & \text{se} & M_1 e^{-qt} S_0 \leq S_T \leq M_2 e^{-qt} S_0 \\ M_2 e^{qt} S_T & \text{se} & S_T > M_2 e^{-qt} S_0 \end{array}$$

O valor da MSU no momento t por unidade é



$$M_1 e^{qt} G(S_t, 0, 1, t, T) - M_1 e^{qt} G(S_t, M_1 e^{qt}, S_0, 1, t, T) + e^{2qt} \frac{G(S_t, M_1 e^{-qt}, S_0, 2, t, T)}{S_0} \\ - e^{2qt} \frac{G(S_t, M_2 e^{-qt}, S_0, 2, t, T)}{S_0} + M_2 e^{qt} G(S_t, M_2 e^{-qt}, S_0, 1, t, T)$$

Equação 12 - Valor MSU no momento t

No entanto, isto é independente de q quando t=0, mas não em momentos posteriores.

Caso exista a média do número de opções recebidas é calculada como \bar{S}_T/S_0 , onde as médias são obtidas num longo período de tempo em anos. O valor da recompensa passa a ser obtido através da seguinte fórmula:

$$\begin{array}{lll} M_1 S_T & \text{se} & \bar{S}_T < M_1 \bar{S}_0 \\ (\bar{S}_T/S_0) S_T & \text{se} & M_1 \bar{S}_0 \leq \bar{S}_T \leq M_2 \bar{S}_0 \\ M_2 S_T & \text{se} & \bar{S}_T > M_2 \bar{S}_0 \end{array}$$

Neste caso não existe qualquer proteção ao dividendo e o valor do MSU é

$$M_1 G(S_t, 0, 1, t, T^*) - M_1 G(S_t, M_1 \bar{S}_0, 1, t, T^*) + \frac{G(S_t, M_1 \bar{S}_0, 2, t, T^*)}{S_0} \\ - \frac{G(S_t, M_2 \bar{S}_0, 2, t, T^*)}{S_0} + M_2 G(S_t, M_2 \bar{S}_0, 1, t, T^*)$$

Equação 13 - Valor MSU

Os autores ainda nos apresentam uma forma generalizada para calcular o MSU. Isto é, um MSU pode ser generalizado para que o número de ações recebidas seja $(S_T / A)^{\alpha-1}$ para algumas constantes A e α . O pagamento do MSU generalizado é

$$M_1 S_T \quad \text{se} \quad S_T < M_1^{1/(\alpha-1)} A$$



$$\begin{array}{ll} (S_T/A)^{\alpha-1} S_T & \text{se } M_1^{1/(\alpha-1)} A \leq S_T \leq M_2^{1/(\alpha-1)} A \\ M_2 S_T & \text{se } S_T > M_2^{1/(\alpha-1)} A \end{array}$$

Sendo que o cap e floor para o número de ações recebidas é M1 e M2, como anteriormente. O payoff do MSU generalizado pode ser obtido através da seguinte fórmula⁶:

$$\begin{aligned} & M_1 G(S_t, 0, 1, t, T) - M_1 G(S_t, M_1^{1/(\alpha-1)} A, 1, t, T) + \frac{G(S_t, M_1^{1/(\alpha-1)} A, \alpha, t, T)}{A^{\alpha-1}} \\ & - \frac{G(S_t, M_2^{1/(\alpha-1)} A, \alpha, t, T)}{A^{\alpha-1}} + M_2 G(S_t, M_2^{1/(\alpha-1)} A, 1, t, T) \end{aligned}$$

Equação 14 - Payoff do MSU

⁶ Os autores Hull e White (2014) no seu paper apresentaram a fórmula mas ao analisar o paper e ao realizar a parte prática constatamos que os resultados não batiam certos com a fórmula então modificamo-la.



5. Aplicação Prática

Este capítulo está subdividido em 2 partes, sendo a primeira respeitante à avaliação de employee stock options e a segunda a market-leveraged stock options. Ambas as partes são analisadas através do EXCEL.

5.1. - Employee Stock Options

Primeiro irei definir as variáveis que estarão na base dos modelos em análise.

5.1.1 - Dados

5.1.1.1.- Variáveis do Modelo BSM

Tabela 1 - Variáveis do Modelo BSM

Parâmetro	Símbolo	Valor
Preço do Ativo	S_t	100,00
Preço do Exercício	K	100,00
Taxa de Juro sem Risco	r	2,00%
Tempo para a maturidade	$\tau=T-t$	3,00
Volatilidade	σ	25,00%
Dividend Yield	q	0,00%

5.1.1.2.- Variáveis Modelo Binomial

Tabela 2 - Variáveis Modelo Binomial

Parâmetro	Símbolo	Valor
Preço do Ativo	S_t	100,00
Preço do Exercício	K	100,00
Taxa de Juro sem Risco	r	2,00%
Tempo para a maturidade	$T = T - t$	3,0000
Volatilidade	σ	25,00%
Dividend yield	q	0,00%
Número de Períodos	n	15
Time step	$d_t = T/n$	1,5000
Taxa de juro por período	$r d_t$	0,0300



5.1.2. – Resultados

Os quadros seguintes mostram como o valor de uma opção tanto call como put depende da volatilidade e do tempo para a maturidade. Para uma melhor compreensão dos modelos dividi o Modelo BSM do Modelo Binomial.

5.1.2.1.- Modelo BSM

5.1.2.1.1 - Diferente Volatilidade e Maturidade

Ao observar os quadros seguintes podemos verificar que a volatilidade e o tempo para a maturidade influenciam o valor de uma opção europeia. Com o aumento do valor T e σ vai aumentar progressivamente o valor da opção. Mas quanto maior for a volatilidade, maior é a incerteza. Logo, será sempre um risco comprar ou vender uma opção quando a volatilidade é elevada.

Como a opção só pode ser exercida no tempo de maturidade não é importante para os titulares se a opção é mais vantajosa anteriormente.

Ao comparar os dois quadros verificamos que a call europeia (compra) têm um valor de opção mais elevado que uma put europeia (venda).

Tabela 3- Opções Call Europeias

		σ				
		15%	25%	35%	45%	55%
T	0,5	4,724578	7,516846	10,30465	13,08169	15,8438
	1	6,961842	10,87056	14,76678	18,633	22,45774
	2	10,38814	15,80408	21,18546	26,4843	31,67008
	3	13,21138	19,71034	26,14723	32,43662	38,52585
	5	17,99672	26,05081	33,97724	41,60342	48,82959
	10	27,57135	37,85518	47,8163	57,03805	65,3188

Tabela 4 - Opções Put Europeias

		σ				
		15%	25%	35%	45%	55%



T	0,5	3,729562	6,52183	9,309632	12,08668	14,84878
	1	4,981709	8,890426	12,78665	16,65287	20,47761
	2	6,467085	11,88302	17,26441	22,56324	27,74902
	3	7,387837	13,88679	20,32369	26,61307	32,7023
	5	8,480457	16,53455	24,46098	32,08716	39,31333
	10	9,444425	19,72826	29,68938	38,91112	47,19188

5.1.2.1.2 - Diferente Volatilidade e Preço do Exercício

O gráfico 1 evidencia como a volatilidade e o preço de exercício influenciam o preço da opção de compra.

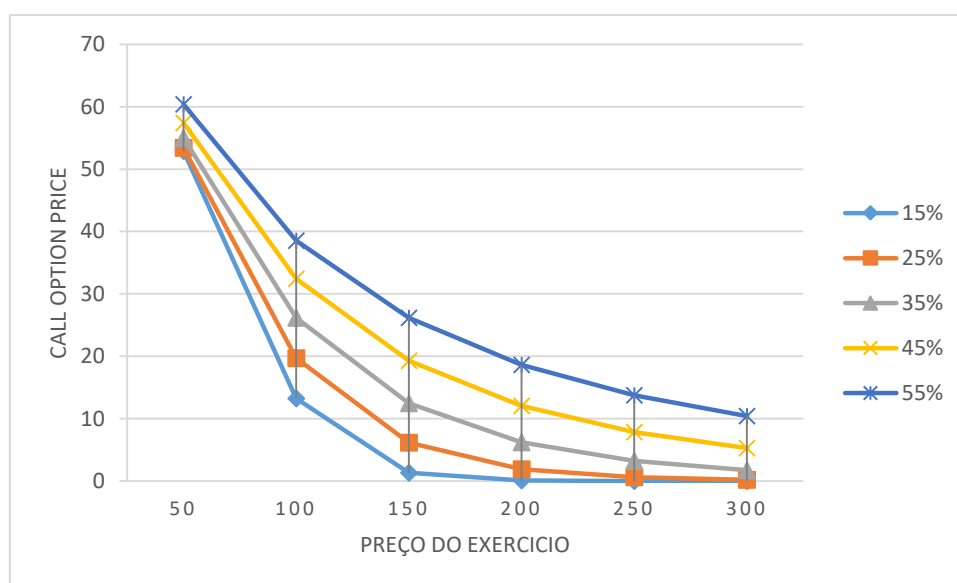


Gráfico 1 – Volatilidade vs Preço do Exercício

Ao analisar o presente gráfico pode verificar-se que com o aumento da volatilidade e a diminuição do preço de exercício, o preço da opção de compra vai aumentando. Ou seja, se tivermos uma volatilidade de 55% e um preço de exercício de 50, o valor da opção de compra será de 60.39. Se a volatilidade for de 15% e o preço de exercício de 300, o valor da opção de compra será de 0.0003.

5.1.2.2.- Modelo Binomial

5.1.2.2.1 - Diferente Volatilidade e Maturidade



Ao observar os quadros seguintes podemos verificar que a volatilidade e o tempo para a maturidade influenciam o valor de uma opção europeia e americana.

Tabela 5 - Opções Call Europeias e Americanas

		σ				
		15%	25%	35%	45%	55%
T	0,5	1,435742	2,34737	3,258803	4,169767	5,080076
	1	2,069119	3,3566	4,643532	5,929139	7,212901
	2	3,003074	4,818893	6,633165	8,443706	10,24906
	3	3,74976	5,967622	8,182656	10,39087	12,5896
	5	4,986464	7,834147	10,6758	13,5029	16,30986
	10	7,422762	11,39548	15,3515	19,26728	23,12781

Tabela 6 - Opções Put Americanas

		σ				
		15%	25%	35%	45%	55%
T	0,5	1,335442	2,247699	3,159575	4,07092	4,981582
	1	1,868337	3,157594	4,445777	5,73246	7,017216
	2	2,601127	4,421958	6,23976	8,053331	9,861483
	3	3,146552	5,373607	7,595108	9,808865	12,01272
	5	3,980821	6,848216	9,703711	12,54266	15,36052
	10	5,413336	9,441318	13,43601	17,3847	21,27528

Tabela 7 - Opções Put Europeias

		σ				
		15%	25%	35%	45%	55%
T	0,5	1,302497	2,214125	3,125559	4,036523	4,946832
	1	1,802807	3,090288	4,377221	5,662828	6,946589
	2	2,471161	4,286979	6,101252	7,911793	9,717145
	3	2,952952	5,170814	7,385847	9,594057	11,79279
	5	3,661981	6,509664	9,351314	12,17841	14,98538
	10	4,791337	8,764057	12,72007	16,63585	20,49639

Como no modelo binomial as opções americanas podem ser exercidas a qualquer instante até ao vencimento, podemos analisar quando é mais vantajoso o titular da opção exercer a opção. Ou seja, através da árvore binomial dos períodos anteriores é feita uma comparação entre esperar (valor esperado no período seguinte trazido para



valor presente) e exercer. Com o aumento da volatilidade vai aumentando o valor teórico da opção.

As opções de compra americana (call) sobre um ativo subjacente que não paga dividendos pode ser avaliada como se fosse uma opção de compra europeia (call), ou seja o exercício antecipado não é ótimo. Enquanto as opções de venda americanas (Put) (independente de existir dividendos ou não) e as opções de compra americana (call) podem ser exercidas antecipadamente. Ou seja, como neste caso não existe dividendos o valor das opções de compra europeias e americanas é o mesmo.

Ao comparar os quadros anteriores podemos verificar que se sucede o mesmo que no modelo BSM que a call europeia e americana (compra) têm um valor de opção mais elevado que uma put europeia (venda).

5.1.3. - Comparação do Modelo BSM e do Modelo Binomial

Neste gráfico comparamos put e a call europeia do Modelo BSM e o Modelo Binomial. Os valores foram obtidos através dos cálculos anteriormente realizados. Não comparo a call e a put americana devido a que o Modelo BSM apenas dá para calcular opções europeias.

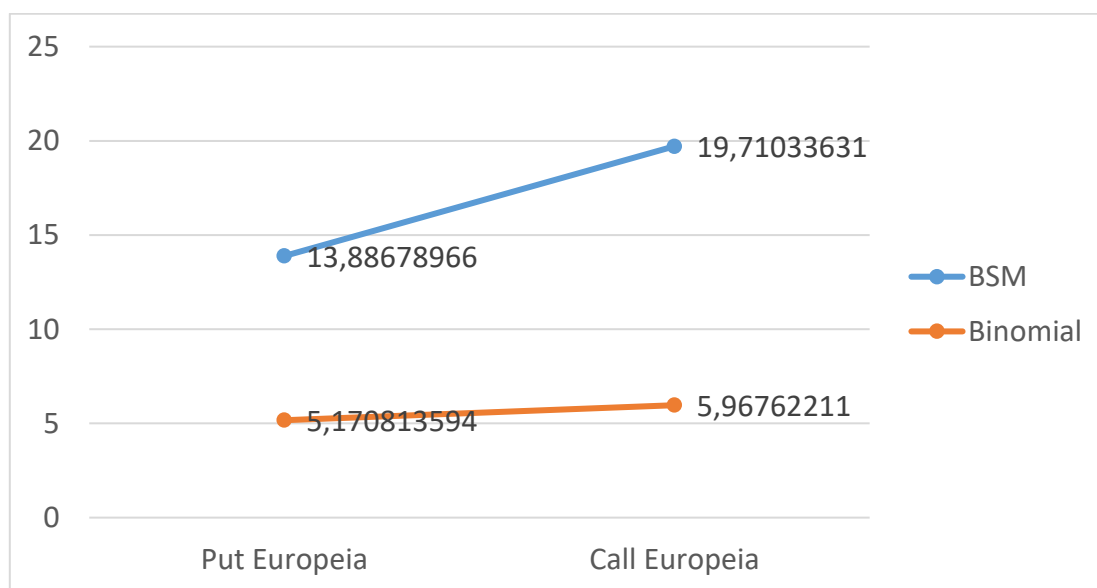


Gráfico 2 - Comparação entre Put e Call Europeia



Ao observar o gráfico verificamos que os valores entre os dois modelos são diferentes, ou seja, o Modelo BSM apresenta-nos valores elevados em relação ao Modelo Binomial. Esta diferença deve-se ao facto de Cox, Ross e Rubinstein (1979) desenvolverem um método que convergia para a solução encontrada por Black e Scholes (1973), isto é, o modelo binomial converge para o BSM ($n \rightarrow +\infty$). Sendo que estou a utilizar $n=15$.

Podemos verificar que o modelo binomial é mais flexível, com passos finitos, processo discreto para stock price, com valores para opções americanas e valores complexos, e ainda é possível verificar a cada nó se é ótimo exercer a opção ou aguardar. Sendo que este surge como uma aproximação para o valor verdadeiro de tais opções.

5.2. – Market-Leveraged Stock Units

5.2.1.- Dados

Os dados referentes aos MSU vão variar ao longo dos diversos exemplos. Contudo, o valor da taxa de juro sem risco é 2%, a dividend yield é 0 e o t é zero.

5.2.2. – Comparação entre uma opção e um MSU

Neste gráfico comparo as opções com o MSU, para diferentes preços do ativo subjacente. O valor da opção foi obtido através da seguinte expressão $\text{Máx}[S_t - K; 0]$. Sendo o MSU obtido através da equação 13.

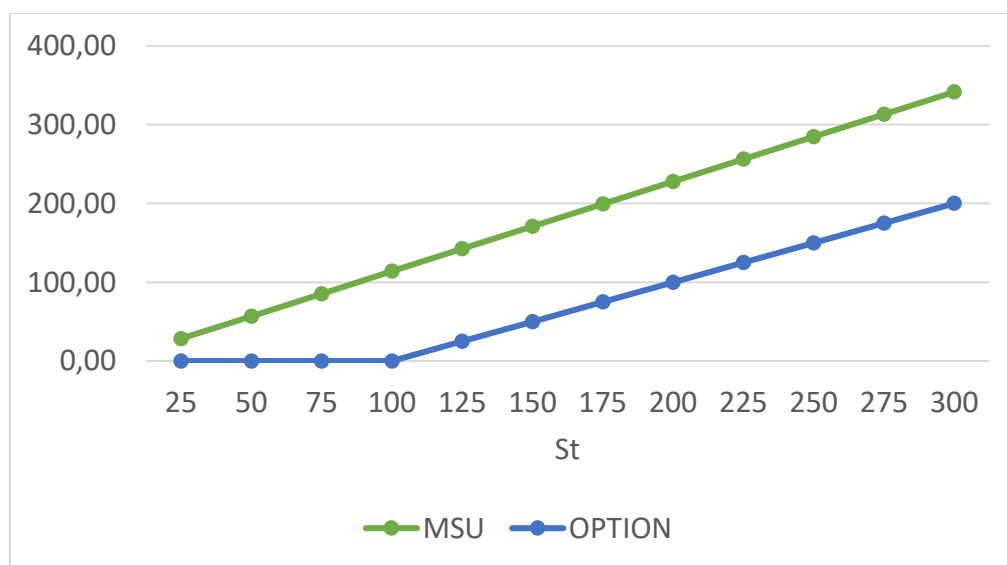


Gráfico 3 - Comparação entre um MSU e uma opção



Ao analisar o gráfico podemos verificar que o valor da opção é sempre zero para valores de $S_t \leq 100$, sendo que após $S_t = 100$ o valor da opção vai aumentando significativamente. Enquanto o MSU tende a apresentar sempre valores crescentes nunca sendo zero.

Por isso, podemos concluir que com os MSU conseguimos obter valores da opção com valores dos preços do ativo subjacente inferiores ou iguais a 100 enquanto com a opção não iremos obter qualquer valor. Caso uma opção de ação se mover out of the money, o empregado espera um payoff de zero e não pode ser incentivado a trabalhar duro, logo o MSU é mais vantajoso visto que o payoff, embora menor quando existe declínios nos preços das ações, é sempre positivo para que os incentivos ao empregado não estejam completamente perdidos.

5.2.3. – Resultados

5.2.3.1. - MSU com diferente M1 e M2

Tabela 8 - MSU com diferente M1 e M2

		M1				
		1,00E-08	0,25	0,5	0,75	1
M2	1	91,45	91,45	91,63	93,63	100,00
	1,5	113,67	113,67	113,85	115,84	122,22
	2	122,70	122,70	122,88	124,88	131,25
	3	127,31	127,31	127,49	129,48	135,85
	5	128,06	128,06	128,24	130,23	136,61
	50	128,08	128,08	128,26	130,26	136,63

Neste quadro podemos observar como o valor de um MSU depende de M1 e M2 para um MSU com $S_t = S_0 = 100$, $r=5\%$, $\sigma=25\%$, $t=0$, $T=3$ e $q=0$. Sendo que quando o M2 apresenta um valor de 50 corresponde à situação em que não há limite para o número de opções recebidas. Ao analisar o quadro verificamos que se M2 aumentar o MSU vai-se tornando progressivamente mais caro do que um RSU. Se o M1 diminuir o valor da



MSU declina. Contudo, quando o M1 e o M2 é igual a 1 podemos concluir que a MSU é um RSU e o seu valor é $S_0 e^{-qT}$.

Ou seja, para os titulares dos MSU é mais rentável ter um M2 elevado.

5.2.3.2. - MSU com diferente Volatilidade e Tempo para a Maturidade

Tabela 9 - MSU com diferente volatilidade e tempo para a maturidade

		σ				
		15%	25%	35%	45%	55%
T	0,5	102,15	104,05	106,11	107,89	109,41
	1	104,29	107,13	109,42	111,30	113,04
	2	108,10	111,12	113,39	115,54	117,71
	3	111,15	113,85	116,17	118,59	121,10
	5	115,74	117,81	120,31	123,16	126,13
	10	123,18	124,35	127,21	130,61	134,02

Como refere Hull e White (2014) uma empresa, para fins de relatórios corporativos, está mais interessada no justo valor de mercado do MSUs na data do seu início, em $t=0$. No entanto, os titulares dos MSUs podem estar mais interessados no seu valor em determinados momentos do tempo. Estes dão o exemplo, se o titular de um MSU está envolvido num divórcio a liquidação económica pode estar relacionada com o valor do pacote de renumeração do executivo.

O quadro mostra como o valor da MSU depende da volatilidade e do tempo para a maturidade, quando $M2 = 1.5$. Verificamos que o valor da MSU aumenta com diferentes volatilidades e tempos para a maturidade. Isto contrasta como um RSU é independente destes parâmetros quando $q=0$. O valor de um MSU é menos sensível para σ e T do que uma opção at-the-money. Podemos constatar que um MSU tem propriedades que são intermediárias entre uma opção e um RSU. Por exemplo, quando $T=3$ e $\sigma=25\%$ o MSU apresenta um valor de 113.85, o que significa que para um é mais vantajoso ter um T elevado visto que com o aumento do T leva a valores mais elevados do MSU.



5.2.3.2. - MSU com diferente M2 e α

Neste quadro podemos observar o valo do MSU generalizado dependendo de α e M2 quando $S_0 = A = 100$, $r=5\%$, $\sigma=25\%$, $t=0$, $T=3$, $q=0$ e $M1=0.5$.

Tabela 10 - MSU com diferente M2 e α

		M2				
		1,50	2,00	3,00	5,00	50,00
α	1,25	104,53	104,53	104,53	104,53	104,53
	1,50	109,56	110,52	110,55	110,55	110,55
	1,75	112,51	117,23	118,29	118,33	118,33
	2,00	113,85	122,88	127,49	128,24	128,26
	2,50	114,70	130,17	145,35	153,91	156,41
	3,00	114,84	134,21	158,75	181,15	199,78
	6,00	114,51	141,46	188,87	266,84	908,42

Segundo Hull e White (2014) o α permite que a quantidade de alavancagem seja ajustada. Se tivermos menos alavancagem que o MSU básico, então o α pode ser ajustado para um valor inferior a 2. Caso contrário, se tivermos mais alavancagem pode-se usar um valor maior do que 2 para o α . Se o α tender a 1, a MSU torna-se um RSU.

Para $1 < \alpha < 2$, o MSU não é tão caro do que um regular MSU. No entanto, o valor do MSU não muda aumentando α , quando este é superior a 2 e o $M2=1.5$. Contudo, para valores mais elevados do M2 os benefícios de uma alavancagem elevada são substanciais.



6. Conclusão

Com a evolução do mercado financeiro, as empresas começaram a ter problemas entre os acionistas e os administradores destas, visto ambos por vezes terem objetivos diferentes. Para ultrapassar este problema as empresas tentaram alinhar os interesses destes com os da empresa através de diversas formas de compensação. Duas dessas formas são as ESOs e mais recentemente as MSUs.

As ESOs têm como principal objetivo incentivar os empregados, contudo também têm como interesse vir a revolver problemas que possam existir no que respeita à Gestão de Sociedade.

Posso concluir que as ESOs são uma prática de compensação um pouco complexa, tendo em conta que comportam diversas ineficiências e riscos, podendo, no entanto, resultar num resultado benéfico não só para a própria empresa e seus acionistas como para os seus empregados, desde que a sua implementação seja feita de forma apropriada à realidade da empresa e do mercado.

Para avaliar as ESOs utilizamos dois modelos o modelo de Black-Scholes e o modelo binomial. Sendo que o modelo BSM apresenta valores mais elevados que o binomial, devido ao facto de que o modelo binomial converge para o BSM. Podemos concluir que o modelo binomial é o mais apropriado visto que este apresenta uma melhor aproximação ao valor verdadeiro das opções, contudo se as opções forem europeias tal já não acontece. Na aplicação prática também concluímos que a opção de compra tem um valor mais elevado que uma opção de venda, em alguns dos inputs.

Na minha opinião, as MSUs são uma boa alternativa tanto para as RSUs como para as ESO, visto estas terem a característica de alavancagem. Podemos concluir que esta forma de compensação pode ser avaliada analiticamente através das fórmulas propostas por Hull e White (2014) no seu paper e o exercício precoce destas normalmente não é permitido pelas empresas, apresentando assim algumas vantagens. Uma destas vantagens é que os executivos/empregados a quem é concebido um MSU irão receber a mesma recompensa/prémio desse MSU e não tem de se preocupar em que momento



do tempo irão exercer o exercício desse MSU. Em comparação com as opções podemos referir que o valor do MSU é menos subjetivo do que o da valorização de opções porque não existem suposições sobre o exercício antecipado destas por parte dos empregados.

Sendo que podemos verificar isto na aplicação prática visto que com os MSU conseguimos obter valores da opção com valores dos preços do ativo subjacente inferiores ou iguais a 100 enquanto com a opção não iremos obter qualquer valor. Caso uma opção de ação se mover out of the money, o empregado espera um payoff de zero e não pode ser incentivado a trabalhar duro, logo o MSU é mais vantajoso visto que o payoff, embora menor quando existe declínios nos preços das ações, é sempre positivo para que os incentivos ao empregado não estejam completamente perdidos.



Referências Bibliográficas

- ✓ Acharya, V., John, K., Sundaram, R., 2000. On the optimality of resetting executive stock options. *Journal of Financial Economics* 57, 65-101.
- ✓ Atchison, T. J., Belcher, D. W. and Thomsen, D. J., 2010. Wage and Salary Administration. *ERI Economic Research Institute*, 18-19.
- ✓ Bettis, J., Bizjak, J., Lemmon, M., 2005. Exercise behavior, valuation, and the incentive effects of employee stock options. *Journal of Financial Economics* 76, 445-470.
- ✓ Black, F., Scholes, M., 1973. The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy* 81, 637–654.
- ✓ Brenner, M., Sundaram, R., Yermack, D., 2000. Altering the terms of executive stock options. *Journal of Financial Economics* 57, 103-128.
- ✓ Carpenter, J., 1998. The exercise and valuation of executive stock options. *Journal of Financial Economics* 48, 127–158.
- ✓ Carter, M., Lynch, L., 2001. An examination of executive stock option repricing. *Journal of Financial Economics* 61, 207-225.
- ✓ Chance, D., Kumar, R. and Todd, R., 2000. The “repricing” of executive stock options. *Journal of Financial Economics* 57, 129-154.
- ✓ Chaves, A., 2012. Stock option plans no âmbito do trabalhador. *Universidade Católica Portuguesa*.
- ✓ Compensia, 2012. “Executive long Term Incentives: Making the Jump to Market Stock Units”. *Compensia*, 1-5
- ✓ Cook, F.W., Neel, K.L., 2009. “A New Equity Device”, *Workspan*, March, 110-112.
- ✓ Core, J., Guay, W., 1999. The use of equity grants to manage optimal equity incentive levels. *Journal of Accounting and Economics* 28, 151–184.
- ✓ Core, J., Guay, W., Larcker, D., 2001. Executive equity compensation and incentives: A survey. *Economic Policy Review-Federal Reserve Bank of New York*, April, 27–50.



- ✓ Defusco, R.; Johnson, R.; Zorn, T., 1990. The effect of executive stock option plans on stockholder and bondholders. *The Journal of Finance*, 54, 617-627.
- ✓ Dias, J., 2015. Financial options- lecture notes. *Lisbon University Institute*.
- ✓ Dixit, Avinash K.; Pindyck, Robert S., 1994. Investment Under Uncertainty.. New Jersey: *Princeton University Press*.
- ✓ Hall, B., Murphy, K., 2002. Stock options for undiversified executives. *Journal of Accounting and Economics* 33, 3–42.
- ✓ Heath, C., Huddart, S., Lang, M., 1999. Psychological factors and stock option exercise. *The Quarterly Journal of Economics*, 601-627.
- ✓ Heron, R., Lie, E., 2007. Does backdating explain the stock price pattern around executive stock option grants?. *Journal of Financial Economics* 83, 271-295.
- ✓ Huddart, S. and Lang, M. , 1996. Employee stock option exercises: an empirical analysis. *Journal of Accounting and Economics* 21, 5–43.
- ✓ Hull, J., White, A., 2004. How to value employee stock options. *Financial Analysts Journal* 60, 114–118.
- ✓ Hull, J. and White, A., 2014. The valuation of market-leveraged stock units. *Journal of Derivatives* 21, 85-90.
- ✓ Lie, E., 2005. On the timing of CEO stock option awards. *Management Science* 51, 802–812.
- ✓ Jensen, M.; Mecking, W., 1976. Theory of the firm: managerial behavior, agency costs and ownership structure. *Journal of Financial Economics* 3, 305-360.
- ✓ Jensen, M. C., Murphy, K. J., 1990. “Performance Pay and Top Management Incentives”. *Journal of Political Economy* 98, 225-264.
- ✓ Markowitz, H. M., 1952. Portfolio selection. *Journal of Finance* 17, 77-91.
- ✓ Oyer, P., Schaefer, S., 2005. Why do some firms give stock options to all employees?: An empirical examination of alternative theories. *Journal of Financial Economics* 76, 99-133.
- ✓ Vieito, J.P., Cerqueira, A., Brandão, E., Khan, W., 2009. “Executive Compensation: The Finance Perspective”. *Portuguese Journal of Management Studies* 14, 3-32.



- ✓ Yermack, D., 1997. Good Timing: CEO Stock Option Awards and company News Announcements. *The Journal of Finance* 52, 449-476.
- ✓ Yermack, D., 2004. “Remuneration, Retention, and Reputation Incentives for Outside Directors”. *The Journal of Finance* 59, 2281 – 2308.



Anexos

Anexo 1 – Modelo Black-Scholes

Inputs of the BSM model		
Stock price	S_t	100,00
Strike price	K	100,00
Instantaneous riskless interest rate	r	2,00%
Time to maturity	$\tau=T-t$	3,00
Instantaneous stock volatility	σ	25,00%
Dividend Yield	q	0,00%
Cumulative normal distribution computations		
Parameter d1	d1	0,355070
Parameter d2	d2	-0,077942
Cumulative normal distribution for d1	$N(d1)$	0,638732
Cumulative normal distribution for d2	$N(d2)$	0,468937
Cumulative normal distribution for -d1	$N(-d1)$	0,361268
Cumulative normal distribution for -d2	$N(-d2)$	0,531063
European option prices using the BSM model		
Call option price	c_t	19,710336
Put option price	p_t	13,886790



Anexo 2 – Modelo Binomial

Auxiliary computations			
Upward jump size	u	1,358235	
Downward jump size	d	0,736250	
Risk-neutral probability	q_u	0,473009	
American put value			
Time	0	1	2
Underlying asset price	100,0000	135,8235	184,4803
		73,6250	100,0000
			54,2063
American put	13,4886	0,0000	0,0000
		26,3750	0,0000
			45,7937
Decomposition of the American put value			
Time	0	1	2
Intrinsic value	0,0000	0,0000	0,0000
		26,3750	0,0000
			45,7937
Time value	13,4886	0,0000	0,0000
		0,0000	0,0000
			0,0000
European put value and the early exercise premium			
Time	0	1	2
European put	11,9772	0,0000	0,0000
		23,4196	0,0000
			45,7937
Early exercise premium	1,5115	0,0000	0,0000
		2,9554	0,0000
			0,0000
European and American call values			
Time	0	1	2
European and American call	17,8007	38,7790	84,4803
		0,0000	0,0000
			0,0000



Anexo 3 Comparação entre put e call europeia:

	Put Europeia	Call Europeia
IBSM	13,88678966	19,71033631
Binomial	11,97715408	17,80070072

Anexo 4 – Comparação entre MSU e option:

St	MSU	OPTION
25	28,46	0
50	56,92	0
75	85,39	0
100	113,85	0
125	142,31	25
150	170,77	50
175	199,23	75
200	227,70	100
225	256,16	125
250	284,62	150
275	313,08	175
300	341,54	200

Anexo 5 - MSU: Diferentes M1 e M2:

Inputs of the model							
		1º	2º	3º	4º	5º	
Stock price	St	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
Strike price	K	1,00E-08	100	100	100	100	
Instantaneous riskless interest rate	r	2,00%	0,02	0,02	0,02	0,02	
Time to maturity	$\tau=T-t$	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	
Instantaneous stock volatility	σ	25,00%	0,25	0,25	0,25	0,25	
Dividend Yield	q	0,00%	0,00	0,00	0,00	0,00	
Floor	M1	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	
Cap	M2	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	
Alpha	α	1,00	1,00	2,00	2,00	1,00	
Novo strike		1,00E-08	50,00	50,00	150,00	150,00	
Cumulative normal distribution computations							
Parameter d1	d1	53,530995	1,955825	2,388838	-0,148298	-0,581311	
Cumulative normal distribution for d1	N(d1)	1,000000	0,974757	0,991549	0,441054	0,280515	
Option price	G(St, K, 1, t, T)	100	97,4757129	12699,95	5649,10	28,05153864	
		50,00	48,7378564	126,9995	56,491002	42,07730796	
Total							113,85



Anexo 6 – MSU: Diferentes T e σ :

Inputs of the model							
		1º	2º	3º	4º	5º	
Stock price	S_t	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
Strike price	K	1,00E-08	100	100	100	100	
Instantaneous riskless interest rate	r	2,00%	0,02	0,02	0,02	0,02	
	T	10	10	10	10	10	
	t	0	0	0	0	0	
Time to maturity	$\tau=T-t$	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	
Instantaneous stock volatility	σ	55,00%	0,55	0,55	0,55	0,55	
Dividend Yield	q	0,00%	0,00	0,00	0,00	0,00	
Floor	$M1$	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	
Cap	$M2$	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	
Alpha	α	1,00	1,00	2,00	2,00	1,00	
Novo strike		1,00E-08	50,00	50,00	150,00	150,00	
Cumulative normal distribution computations							
Parameter d1	$d1$	14,223552	1,383150	3,122403	2,490745	0,751492	
Cumulative normal distribution for d1	$N(d1)$	1,000000	0,916691	0,999103	0,993626	0,773822	
Option price	$G(S_t, K, 1, t, T)$	100	91,66905429	251310,14	249932,51	77,3821761	
		50,00	45,83452715	2513,101373	2499,325081	116,0732642	
Total							134,02

Anexo 7 – MSU: Diferentes $M2$ e α :

Inputs of the model							
		1º	2º	3º	4º	5º	
Stock price	S_t	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
Strike price	K	1,00E-08	100	100	100	100	
Instantaneous riskless interest rate	r	2,00%	0,02	0,02	0,02	0,02	
Time to maturity	$\tau=T-t$	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	
Instantaneous stock volatility	σ	25,00%	0,25	0,25	0,25	0,25	
Dividend Yield	q	0,00%	0,00	0,00	0,00	0,00	
Floor	$M1$	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	
Cap	$M2$	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	
Alpha	α	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00	
Novo strike		1,00E-08	70,71	70,71	122,47	122,47	
Cumulative normal distribution computations							
Parameter d1	$d1$	53,530995	1,155448	2,021473	0,752905	-0,113120	
Cumulative normal distribution for d1	$N(d1)$	1,000000	0,876046	0,978385	0,774247	0,454968	
Option price	$G(S_t, K, 1, t, T)$	100	87,60464592	1936045,64	1532093,40	45,49675656	
		50,00	43,80232296	193,6045645	153,2093396	68,24513484	
Total							114,84